

## Algunas reflexiones sobre la medida del cambio tecnológico

**Julio Sánchez Chóliz**

*Departamento de Análisis Económico*

*Facultad de Económicas*

*Universidad de Zaragoza*

*cl. Gran Vía, 2 - 50005 Zaragoza*

### Algunas reflexiones sobre la medida del cambio tecnológico

#### RESUMEN

La insatisfacción por parte del autor sobre los diversos indicadores de las transformaciones tecnológicas generalmente utilizados plantea la necesidad de definir varias medidas del cambio técnico que contemplen no solo el aspecto productivo sino también la utilización y disponibilidad de los recursos naturales y el nivel de vida de los agentes económicos, estableciendo una jerarquía entre ellas. Estas medidas se obtienen sobre la base de un modelo multisectorial de producción simple tipo Sraffa. Se argumenta que el nivel de reproducibilidad representado por  $R$  (razón patrón) es el mejor indicador disponible del nivel tecnológico y de sus variaciones en su aspecto productivo.

### Some Thoughts about the Measurement of Technological Change

#### ABSTRACT

The author's dissatisfaction concerning the different technological transformation indicators commonly used has led him to define several alternative measures of technological change that take into account not only the productive issues but also the use and availability of natural resources and the economic agents standard of living. These measures can be obtained from a Sraffa-type simple multisectorial production model. It is argued that the level of reproducibility ( $R$ -standard ratio) is the better available indicator of technological level and of its productive issue variations.

# Algunas reflexiones sobre la medida del cambio tecnológico

## 1. PRESENTACIÓN

1.1. Reflexionar sobre el cambio tecnológico es enfrentarnos a uno de los problemas más complejos que podemos encontrar y que presenta múltiples facetas: la investigación científica, la adaptación técnica de los nuevos conocimientos, la difusión de la tecnología, la selección de técnicas, ... Podemos por ello decir, que hablar del cambio tecnológico es hablar del mundo de la ciencia, del mundo económico e incluso del mundo de la política. Esta diversidad de temas nos obliga, para decir algo significativo, a reducir el campo de trabajo.

Uno de los mejores instrumentos para analizar y comprender un fenómeno complejo, como son las transformaciones tecnológicas, es su cuantificación, esto es, la obtención de medidas o parámetros que lo representen adecuadamente. Numerosos indicadores del cambio técnico han sido utilizados hasta hoy, pero ninguno ha sido totalmente satisfactorio en mi opinión, por alguno de estos motivos:

- representar medidas sectoriales sin validez para toda la economía
- ser difícil hacer con ellos comparaciones históricas
- o dejar fuera aspectos tan importantes como el impacto en la naturaleza o en el nivel de vida.

La revisión de estas deficiencias y la propuesta de una posible solución va a ser el objetivo de estas líneas, por ello no nos vamos a preocupar ahora de otros problemas como la difusión (Rosemberg (1976), ...) o la generación de los conocimientos y solo nos fijaremos en como medir los cambios que sufre la estructura tecnológica.

1.2. La idea de mejora tecnológica es identificada frecuentemente con la de progreso humano y se usan como similares los conceptos de cambio tecnológico, cambio técnico, progreso, elevación del nivel de vida, ... Ello exige aclarar las diferencias entre estos conceptos para saber de que estamos hablando y decir por qué buscamos medidas del cambio tecnológico y no de los demás.

En la idea de progreso humano hay componentes éticas y de conducta, que

no suelen tenerse en cuenta cuando consideramos el progreso técnico, lo que hace que ambos progresos sean diferentes, lo mismo ocurre con el sentido de tecnología y técnica ya que por tecnología entendemos algo más amplio y global que la simple colección de técnicas. La modificación de un hábito de limpieza, por ejemplo un mayor civismo a la hora de no tirar papeles a la calle, puede ser considerado un progreso humano, la mejora de una máquina fotocopidora, aumentando su velocidad o calidad de copia, es un avance técnico y, por el contrario, el descubrimiento de la fotocopidora es probablemente un avance tecnológico. En consecuencia no podemos identificar progreso humano, avance técnico y avance tecnológico, que son tres cosas distintas y que no deben ser confundidas.

Sin embargo, aún considerando los tres conceptos distintos, se suele admitir que los tres se mueven en el mismo sentido y que, por tanto, obtendremos resultados muy similares usando cualquiera de ellos. Así el descubrimiento del plástico es casi unánimemente considerado a la vez un progreso humano y una transformación tecnológica, que dió lugar a la creación y mejora de muchas técnicas modernas. No obstante es dudoso que los tres aspectos avancen en la misma dirección y, solo si así ocurriera, podría considerarse que los tres son fenómenos parecidos o semejantes y suponer que los tres representan una misma idea de mejora. En el caso del plástico es indudable que supuso una profunda transformación social: botellas, envoltorios, juguetes, maquinarias, ... pero también ha dejado una secuela: su difícil eliminación y su baja degradación biológica. Y si se mira desde el punto de vista tecnológico o técnico, el descubrimiento de los plásticos fué una auténtica revolución, que desplazó otras técnicas: fabricación del vidrio, envasado en papel, metalurgias de ciertos metales, ... que no son a priori tecnológicamente inferiores, ya que su conocimiento previo no es una medida de peor calidad o nivel<sup>1</sup>. Además el uso del plástico agota un recurso difícilmente sustituible, el petróleo, cosa que no ocurre con la fabricación del vidrio, o bajo ciertos límites, con la utilización del papel o la madera.

Resumiendo podemos decir que los fenómenos del progreso humano, del cambio tecnológico y del cambio técnico, aunque profundamente relacionados, no solo son distintos sino que pueden tener direcciones de avance diferentes y no pueden ser medidos por los mismos parámetros. Por ello, si queremos obtener medidas de las transformaciones técnicas que tengan un significado preciso, es necesario optar por uno de los tres conceptos, que será el representado por esas

1. Esto plantea una cuestión importante: ¿cuándo una técnica está totalmente superada y no puede regresar?. Esta pregunta debería ser contestada dentro de este estudio.

medidas. La opción que proponemos es medir el cambio tecnológico, debido a:

- que tiene un carácter global, frente al carácter sectorial o de proceso del cambio técnico

- y por su mayor concreción, frente a la idea de progreso humano,

Estas dos características: globalidad y precisión, son las que preferimos para nuestras medidas de las transformaciones técnicas.

1.3. Medir el avance tecnológico no es fácil y una prueba de ello es la diversidad de conceptos de neutralidad (Hicks (1932), Solow (1963) y Harrod (1948)) que se han elaborado.

El cambio tecnológico no es un hecho puntual, que ocurre en un único proceso o fábrica, sino una multitud de cambios en procesos diferentes y que en conjunto supone una transformación de las formas de producción. En ocasiones podremos identificar el cambio tecnológico con un solo proceso, por ejemplo el descubrimiento de la aviación, pero siempre aún en estos casos genera cambios importantes en las cantidades producidas de los demás procesos. En resumen el cambio tecnológico solo puede medirse como un dato estructural, ya que solo así se captará la globalidad del efecto. Más el uso de datos globales o de descripciones estructurales confiere a todas estas medidas su gran complejidad.

Las dificultades se manifiestan al abordar el estudio teórico, porque nos vemos obligados a utilizar modelos multisectoriales y magnitudes agregadas. Pero es quizás peor cuando queremos obtener medidas concretas, porque entonces los datos son de toda la economía y no son de fácil manejo ni de fácil simplificación. No olvidemos además que si estas ideas sirven para algo, antes o después, hay que ir al mundo real y trabajar con los abundantes datos de la realidad.

Otro tipo de problemas surgen cuando nos acercamos a la información cuantitativa disponible (Kutznets (1966), Hill (1979), Clark (1967), ...) ya que lo tomado como capital, producto neto, etc., puede diferir según la fuente. La razón de estas diferencias es el tipo de información disponible para elaborar los datos, pero su existencia aumenta la confusión.

¿Cómo abordar estas cuestiones?. Conscientes de todos estos obstáculos, los estudiosos del cambio tecnológico se han esforzado por encontrar indicadores simples y, si era posible, unidimensionales: ¿por qué no identificar el avance tecnológico con el nivel de vida, por ejemplo?. Por desgracia las preguntas: ¿es suficiente con la medida del nivel de vida para describir el cambio tecnológico?, ¿hay algún parámetro que mida por si solo ese cambio?, tienen respuesta negativa, como veremos, y es necesario definir varias medidas y establecer una jerarquía entre ellas.

El punto de partida más frecuente para obtener medidas del cambio tecnológico han sido las funciones de producción y se han buscado parámetros que cuantificaran el paso de una isocuanta a otra producido por el cambio tecnológico. Sin embargo las dificultades teóricas encontradas han sido muy grandes, ya que no es fácil definir funcionales adecuados (o medidas) sobre las isocuantas si queremos que no dependan directamente del punto concreto de la isocuanta, en que se hace la medida, y por tanto de sus precios y outputs. En Steedman (1985) pueden verse algunos de estos problemas.

Por este motivo, en este trabajo, defiendiendo que no deben utilizarse funciones de producción neoclásicas y que deben buscarse medidas no dependientes directamente de los precios corrientes y que no dependan tampoco de la producción concreta, porque ni aquellos ni esta fijan las propiedades de la estructura económica y es esta la que nos debe dar el nivel tecnológico y mostrar los cambios que se produzcan en él.

En otras palabras, lo que propongo es abordar el cambio tecnológico como una propiedad estructural y característica del sistema y no de las partes de este o de su manifestación concreta en un momento dado. De esta manera las posibles medidas: reproducibilidad, intensidad de capital, productividad, ... serán medidas globales y estructurales.

Estas medidas se obtienen en el trabajo sobre un modelo multisectorial de producción simple, tipo Sraffa, que está caracterizado por unos coeficientes técnicos dados en el momento considerado. El empleo de este sencillo marco multisectorial es debido fundamentalmente a que supone una aceptable caracterización estructural de la economía y a que permite desarrollar con facilidad las ideas expuestas, pero desarrollos similares son realizables en otros modelos más generales.

1.4. De acuerdo con este plan de trabajo, voy primero a comparar entre sí diferentes medidas posibles, para mostrar claramente la insuficiencia de una sola medida y ver como debe ser el conjunto de parámetros globales que definen el cambio tecnológico. En segundo lugar esbozaré el modelo que permite definir el tipo de parámetros adecuados y los compararé entre sí, viendo si es posible obtener un ranking de importancia entre ellos<sup>2</sup>.

2. La lectura de los trabajos de Clark y Kutznets especialmente, me llevaron a reflexionar sobre la jerarquización existente entre  $R$  (tasa patrón de Sraffa e indicador de la reproducibilidad),  $r$  (tasa de beneficio),  $m_p$  (indicador de la productividad) y otros indicadores posibles del cambio técnico. En particular uno se pregunta cual de ellos es el más importante. Un interés propio tiene la reflexión sobre la llamada productividad multifactor, porque aparece en la literatura reciente (Berndt y Fuss (1986), Slade (1986), ...) como uno de los mejores indicadores del progreso técnico y que puede verse en Sánchez (1989).

Fruto de este análisis será la comprobación de que es el nivel de reproducibilidad representado por  $R$ , la razón patrón de Sraffa, el mejor indicador disponible del nivel tecnológico y de que sus variaciones lo son del cambio tecnológico en su aspecto productivo. La medida  $R$  conserva su capacidad explicativa a largo plazo, con independencia de las condiciones retributivas o de la forma de pago a los inputs primarios. Su interpretación como medida de la capacidad reproductiva se sostiene además en cualquier sistema, siendo así una medida transistemática. Estas propiedades de  $R$  la convierten en una base sólida para la medida del progreso social y para su posible comparación histórica; son además propiedades difícilmente reclamables por otras medidas usadas para el cambio tecnológico, como la tasa de beneficio o ciertos criterios de productividad.

Y la otra gran conclusión del trabajo es la constatación de que una medida correcta del cambio tecnológico solo puede ser hecha si se tienen en cuenta tres aspectos distintos, a saber:

- los procesos productivos o aspecto productivo
  - los recursos naturales utilizados y su disponibilidad
  - el nivel de vida de los agentes económicos
- que exigen cada uno de ellos medidas independientes.

El primero tiene en el nivel de reproductividad su mejor indicador, pero los otros dos también deben ser parametrizados adecuadamente y medidos de alguna forma. Que en lo que sigue nos centremos únicamente en el aspecto productivo, no supone una infravaloración de la importancia de los otros dos, recursos naturales y nivel de vida, sino simplemente que aplazamos para más adelante el estudio y obtención de sus medidas. El centrarnos en un solo objeto de estudio recomienda también este aplazamiento.

## 2. ¿POR QUÉ NO UNA SOLA MEDIDA?

2.1. Las razones a favor de utilizar una sola medida, si fuera suficiente, son muy claras, recogería por sí sola toda la información del cambio tecnológico, estaría representada por una sola cifra o valor paramétrico y la comparación de situaciones sería inmediata. Pero veamos como esto es imposible.

Los posibles parámetros individuales pertenecen a uno o más de los siguientes grupos:

- 1) Medidas del beneficio o rendimiento por unidad de valor
- 2) Medidas de la productividad del trabajo
- 3) Nivel salarial y bienes de consumo usuales de los trabajadores



4) Número de innovaciones realizadas y/o de patentes registradas

5) Medidas del producto neto

así, por ejemplo, el margen empresarial está en el primer grupo y el salario en el tercero.

Casi nadie afirma que el cambio tecnológico se describa con una sola de estas medidas, pero todos proponen una jerarquía o preferencia entre ellas, que es una forma débil de seleccionar. También esta es mi postura, pero antes de precisarla veamos algo más sobre todos estos tipos de indicadores.

2.2. De la tasa de beneficio no suele afirmarse que sea la medida más sólida del cambio tecnológico, pero sin embargo son tasas de este grupo:

- el rendimiento medio sectorial
- el rendimiento anual de la inversión en bolsa
- el margen empresarial

que son las más usadas para valorar hoy si va bien o mal la economía, para decir si avanza o no el desarrollo económico. Ello es debido al tipo de sociedad en que vivimos, una sociedad capitalista, pero esto no hace sino confirmar un hecho: *la tasa de beneficio es uno de los indicadores más reconocidos del progreso técnico*, aunque a veces se tienda a negar.

La circunstancia de que todo cambio reductor de costes eleva la tasa de beneficio (teorema de Okishio) favorece la identificación entre incremento de la tasa de beneficio y aumento del nivel tecnológico, porque se considera como avance tecnológico toda reducción de costes<sup>3</sup>.

Sin embargo, a pesar de la amplia utilización de las tasas de beneficio como indicadores de la buena marcha de la economía, e implícitamente del avance técnico, se pueden señalar algunos graves defectos de estos indicadores:

- por su carácter de medida de la rentabilidad empresarial, se usan casi siempre como un indicador sectorial y rara vez como una medida global de la economía.

- por la carga ideológica, de que suelen ir acompañados, tienen una fuerte tendencia a olvidar otros indicadores, por ejemplo el nivel salarial o el efecto sobre la naturaleza.

- hay suficiente evidencia empírica (Hill (1979), Dougherty (1984), ...) para poder afirmar que la tasa de beneficio tiene una gran estabilidad histórica a pesar de su evolución cíclica, lo que la convierte en un parámetro de medida inútil a largo plazo para el cambio tecnológico.

3. Una pregunta inocente es qué costes están contabilizados: ¿está el trabajo o las condiciones de vida de las personas mayores?, ¿está la energía solar o le petróleo no renovable?

2.3. La otra cara de la moneda es la medida de la productividad del trabajo, que utilizan como principal indicador todos aquellos que defienden posiciones socialistas o cercanas y, por tanto, los más duros críticos de la tasa de beneficio como indicador del cambio tecnológico.

Para obtener una medida estructural y poco dependiente de la situación concreta del mercado se apoyan en el input de trabajo necesario<sup>4</sup>. Suelen admitir la hipótesis de la reducibilidad de todo tipo de trabajo a trabajo homogéneo, con lo que tienen una base para valorar los procesos técnicos: *un proceso es más avanzado cuanto menos trabajo usa*.

La debilidad de este planteamiento no es menor que el que defiende la tasa de beneficio, como vamos a ver. Para medir la productividad del trabajo se utiliza usualmente uno de estos indicadores:

- valor trabajo del producto neto/nº de horas de trabajo directo
- o valor monetario del producto neto/salario hora

que resuelven, por eliminación, el problema del reparto entre beneficios y salarios y que suelen calcularse para grupos amplios de sectores o para toda la economía, por lo que son bastante globales. Pero por otra parte ambos tienen objeciones, el primero las dificultades para definir los valores trabajo<sup>5</sup>, el segundo la identificación de la unidad de trabajo con su coste salarial.

Otro problema latente en estos indicadores son las hipótesis implícitas que se hacen normalmente cuando se habla de la productividad del trabajo. Así tenemos que el incremento de la tasa: *valor monetario del producto neto/salario hora* nos puede indicar un incremento del nivel tecnológico solo si el salario hora tiene un valor o capacidad de compra fija o creciente. Una reducción generalizada de los salarios por un sistema tiránico eleva la tasa anterior, pero nada significa desde el punto de vista del cambio tecnológico. Similarmente al calcular el cociente: *valor trabajo del producto neto/input de trabajo directo* no suele tenerse en cuenta la intensidad del trabajo<sup>6</sup>.

4. La valoración del trabajo unas veces será en valor trabajo y otras de tipo monetario, pero siempre usan la valoración del trabajo como unidad de medida.

5. Dos son las principales dificultades, a saber:

- la heterogeneidad de los inputs de trabajo y su no reducibilidad a trabajo homogéneo
- y la existencia de producción conjunta, que impide su definición o que da a los valores trabajo propiedades poco satisfactorias.

6. No debe confundirse input de trabajo con input de fuerza de trabajo, que es lo que debería de usarse al calcular dicho cociente. En la idea de fuerza de trabajo se incorpora la intensidad de este y las condiciones en que se aporta (o se extrae) la capacidad de trabajo del trabajador.



Por último señalemos que las medidas de la productividad del trabajo tienen otro importante punto debil, señalado certeramente por los ecologistas, que no miden nada sobre los impactos producidos en la naturaleza o sobre la degradación de recursos no renovables.

2.4. Las medidas de la productividad del trabajo se han definido con el salario hora o el valor hora trabajo, pero para tener una idea clara de que significa el precio de una hora de trabajo o el valor trabajo de una hora es necesario el estudio del nivel de vida y de los bienes de consumo usuales. Una hora de trabajo de un americano es muy diferente de la de un indio o un tanzano. Es distinta por las diferentes condiciones en que se aportan que impiden su reducción a una unidad común, pero lo es también porque su retribución en bienes es distinta y por tanto su impacto productivo. Esto adquiere una importancia decisiva cuando queremos hacer comparaciones geográficas o históricas, porque no solo la retribución hora es diferente físicamente, sino también la estimación de lo recibido es distinta para cada lugar o época.

Los modelos sraffianos que manejan el salario como una variable monetaria  $w$ , e incluso usan  $w$  como unidad de valor, tienden a borrar de un plumazo el interés por este problema. Para ellos no existe. Frente a ellos creo que es defendible la determinación de una cesta salarial  $b$ , que da  $w$  como el coste de esa cesta,  $pb=w$ . Esta es nuestra opción en casi todos los modelos que utilizaremos.

A pesar de su interés e importancia, el nivel de vida tampoco puede usarse como parámetro único o principal para cuantificar el nivel tecnológico, porque aunque conozcamos muy bien cualitativamente como son las condiciones de vida, no es fácil de obtener una medida de esas condiciones. Además aunque obtengamos las medidas del nivel de vida de diferentes lugares, ello no supone conocer la medida conjunta, porque esta exige la utilización de criterios de agregación que no existen o que no suelen estar definidos.

Quizás estos problemas se pudieran resolver buscando directamente medidas globales del nivel de vida, pero aún en este caso quedan otras cuestiones pendientes:

- ¿cuál es la tasa de beneficio con que vá asociado ese nivel de vida?
- en el nivel de vida medido, ¿se tienen o no en cuenta los impactos sobre otras economías?
- ¿como se computan los impactos en el entorno natural?
- ¿como se valora la elección de una u otra política en el nivel de vida de las futuras generaciones?

Yo creo que estas preguntas muestran claramente que el nivel de vida, a pesar

de la importante información que contiene, no es suficiente para medir el cambio tecnológico, y si nos reducimos a él corremos el riesgo de mutilar nuestro concepto de cambio tecnológico. Para medirlo necesitamos una visión global, pero además serán necesarios varios parámetros.

2.5. Otra forma utilizada para medir o cuantificar el cambio técnico ha sido la contabilización minuciosa del número de patentes o de inventos registrados, como forma de comprender y de medir el mayor o menor ritmo de innovación tecnológica que se ha producido en una época. Este tipo de medidas son muy informativas, acercan al problema pero creo que difícilmente nos van a permitir obtener medidas robustas del grado de cambio tecnológico que se produce. Nos muestran si probablemente crece o no el nivel tecnológico, pero no dan datos robustos y sin ellos es muy difícil la elaboración científica precisa. Ello no supone un rechazo de su utilidad específica, pero si una delimitación de sus posibilidades informativas.

2.6. Y por último veamos las medidas o tasas del producto neto, que son probablemente los mejores indicadores individuales, pero que no son suficientes por si solos tampoco.

Estas medidas se pueden considerar como suma de las medidas de los beneficios y de los salarios, al ser: *producto neto = beneficios + salarios*. En consecuencias estas medidas eluden el problema del reparto entre beneficios y salarios, por lo que tienen una cierta ventaja sobre los indicadores aislados del beneficio o del salario. Pero además, los indicadores del producto neto son también indicadores del beneficio o salario cero, en otras palabras, representan la situación de beneficio máximo alcanzable, por lo que reúnen casi todas las ventajas que tenían los indicadores de las tasas de beneficio.

Al igual que la productividad del trabajo, las medidas del producto neto se calculan frecuentemente para grupos de sectores o para toda la economía, por lo que son medidas globales. Sin embargo, a pesar de su carácter global pueden, según como se obtengan, depender de los precios y del output producido. Este grave defecto es subsanable usando un método especial para definirlos. Este método lo desarrollaré brevemente en los apartados siguientes.

Y por último las medidas del producto neto, nada dicen del impacto en la naturaleza, pero pueden definirse de forma que sean relativamente independientes de este. Recordemos que por definición el producto neto de un proceso autorreproducible no provoca *teóricamente* degradación de la naturaleza.

Todas estas razones nos permiten considerar las medidas sobre el producto neto como unas buenas medidas individuales del cambio tecnológico, pero

difícilmente pueden aceptarse como las únicas necesarias cuando poco o nada dicen sobre el salario y sobre la distribución del neto.

2.7. Resumiendo, podemos decir que los indicadores aislados son incapaces de medir correctamente el cambio tecnológico, aunque den buena información. Los problemas que tienen son:

- su carácter parcial
- las dificultades para definirlos independientes de los precios y del output corrientes
- su carga ideológica
- o la no consideración de los recursos escasos o no renovables.

Pero de todos ellos, son los asociados con el producto neto los que parecen tener una mayor potencialidad para medir el cambio tecnológico en los aspectos productivos, como comprobaremos más tarde.

### 3. ¿CÓMO DEBEN SER NUESTRAS MEDIDAS?

3.1. Tras la larga revisión anterior conviene enumerar, a modo de resumen o guía, cuales deben ser las propiedades de las medidas deseables del cambio tecnológico. Según hemos visto:

a) En primer lugar deben ser medidas estructurales, para que recojan correctamente la globalidad del fenómeno.

b) Es claro que no puede usarse un solo parámetro, sino que la percepción total del cambio técnico exige de una multiplicidad de indicadores: beneficios, salarios, producto neto, ...

c) De todos los parámetros a utilizar los más significativos en el aspecto productivo son los asociados con el producto neto por unidad de valor utilizado. En concreto será la capacidad autorreproductiva la que medirá el nivel tecnológico en este aspecto.

d) La importancia de los recursos naturales y su impacto en el cambio tecnológico obliga a incorporar parámetros que los cuantifiquen. Estos representan un polo complementario, pero fundamental de la autorreproducibilidad.

e) Es necesario el estudio del nivel de vida y de los componentes que lo constituyen para entender el cambio tecnológico. Solo con parámetros que lo midan podremos comparar situaciones sociales y/o temporales distintas.

f) La existencia de dependencias entre los diversos parámetros, obliga a que los parámetros utilizados sean independientes y constituyan familias básicas lo más reducidas posibles.

Las tres primeras propiedades ya han sido suficientemente comentadas, por lo que solo voy a referirme ahora a las tres últimas.

3.2. Las dificultades que tiene el lograr una buena descripción de los cambios tecnológicos ha favorecido que se usen muchos parámetros diferentes para caracterizarlo, suponiéndose que siempre se añadía algo de información con un nuevo indicador. El razonamiento no tiene fin y nos llevaría a defender el uso *absurdo* de infinitos indicadores.

Nuestro deseo de ser precisos usando los indicadores necesarios, pero solo los estrictamente necesarios, nos lleva a exigir la condición f). Todos los parámetros o medidas deben ser independientes, en el sentido de que todos contienen información que no puede ser representada por los demás, como veremos los cambios en el aspecto productivo solo exigen dos medidas independientes. Pero puede también ocurrir que haya varias familias posibles de medidas independientes, que describan el fenómeno completo, en este caso cualquiera de ellas podría ser aceptable y creemos razonable elegir solo aquella o aquellas familias que tengan el mínimo número de parámetros independientes, de ahí la segunda parte de la condición f).

3.3. Los modelos más usados para teorizar sobre el cambio tecnológico o para cuantificarlo han considerado siempre a los recursos naturales como datos exógenos, que nos e analizaban o que eran difíciles de valorar. Sin embargo la crisis de los setenta, la confrontación norte-sur y la fuerte y justificada crítica de los grupos ecologistas han llevado a la conclusión de que estos recursos no pueden ser obviados, ni siquiera en el análisis teórico.

Una sencilla revisión histórica nos muestra como los recursos naturales han sido determinantes para que se realizaran ciertas transformaciones tecnológicas y para que pudieran incorporarse de una manera permanente. El medio ambiente está demostrando hoy que puede ser un factor estrangulante de primer orden para cualquier desarrollo y, por tanto, para que ciertos cambios tecnológicos sean posibles y para que otros se conviertan en obsoletos. Ello nos obliga, aunque no lo hagamos en este trabajo, a definir medidas de las relaciones entre nivel tecnológico y recursos naturales y, como consecuencia, a decir cuál es el impacto del cambio tecnológico en los parámetros que midan esa relación.

Es difícil obtener una medida, que represente bien el papel de los recursos naturales, pero quizás los años que puede el sistema productivo subsistir, en las condiciones de crecimiento equilibrado, sea un buen indicador de este aspecto del cambio tecnológico.

3.4. El estudio del nivel de vida es equivalente al estudio de las relaciones entre cambio tecnológico y consumo, que todos admitimos pero que frecuentemente hemos eliminado por comodidad de nuestros esquemas teóricos. Una manifestación muy clara de esta forma de proceder ha sido la consideración de que los cambios en el consumo no eran cambios técnicos y de que estos estaban asociados con las transformaciones de la maquinaria o con las aplicaciones los conocimientos científicos, pero no con la forma de consumir o con los productos que se consumían. Similarmente en muchos modelos teóricos se habla frecuentemente de una tasa de salario  $w$ , pero nada se dice de que hay dentro de esa tasa, eso parece no interesar.

Al igual que pasa con los recursos escasos, la obtención de parámetros adecuados para medir la relación entre consumo y nivel tecnológico no está realizada y es una tarea pendiente. Lo mismo sucede con las relaciones entre cambios en el consumo y cambios tecnológicos. Mis conjeturas sobre estos temas apuntan en la dirección de considerar las cestas de bienes, con que se retribuyen los inputs de trabajo, como los indicadores más eficientes.

#### 4. EL MODELO Y LOS PARÁMETROS QUE PROPONEMOS

4.1. Muchos autores han intentado obtener medidas globales del cambio tecnológico partiendo del esquema multisectorial, ya Leontief (1953) usa una medida de este tipo para comparar la economía americana en los años 1919, 1929 y 1939. Esta medida es un índice agregado de los cambios relativos de los coeficientes técnicos utilizando los valores de flujo de cada input como peso, tiene carácter sectorial y podemos representarla por:

$$LM_{i,t} = \sum_j \frac{2(a_{ij,0} - a_{ji,t}) m_{ij,0} + m_{ji,t}}{a_{ij,0} + a_{ji,t} \sum_j m_{ij,0} + \sum_j m_{ij,t}}$$

Otros autores como Peterson (1979), Kendrick (1961) o Fontela (1988) han propuesto índices similares para toda la economía. En todos los casos las medidas son valoraciones agregadas de los cambios en los diferentes coeficientes.

Pero en todas ellas hay un hecho significativo y a veces poco señalado, todas tienen que usar ponderaciones, para valorar los diferentes sectores, cuya elección es arbitraria. Siempre puede decirse que cualquier elección que se haga

será arbitraria, pero indudablemente unas opciones serán más arbitrarias que otras, porque serán menos defendibles.

En mi opinión, una vez que se elige el marco multisectorial, y por tanto una representación matricial o cuadro de doble entrada, las medidas son valoraciones agregadas de los cambios de los coeficientes y los mejores pesos son las proporciones de su output de crecimiento equilibrado y de sus precios de equilibrio, esto es las proporciones de los vectores propios asociados a sus raíces de Frobenius.

Estas proporciones no dependen de los precios del momento ni de la producción obtenida, dependen única y exclusivamente de los coeficientes de la matriz que representa la economía. Son, por tanto, estructurales y muy independientes de criterios subjetivos de los agentes. Estas son las razones que los convierten, en mi opinión, en los mejores pesos posibles. Por este motivo en el modelo, que utilizamos a continuación, los datos básicos son la matriz de coeficientes y la cesta salarial, siendo obtenidos como vectores propios los precios y los outputs utilizados para las agregaciones.

#### 4.2. El modelo a utilizar.

El modelo que sigue es el más sencillo posible y está puesto más con el objetivo de hacer fácil la exposición que con el de hallar las conclusiones rigurosamente. Estas pueden encontrarse, obtenidas con modelos más completos y por ello más satisfactorios, en Sánchez (1987a, 1987b y 1989). Las ecuaciones del modelo son:

$$\begin{array}{ll} 1) p - pA + r pA + (1+r) p b L, & p \geq 0 \\ 2) X = A X + r A X + (1+r) b L X, & X \geq 0 \\ 3) p^* = p^* A + R p^* A, & p^* \geq 0 \\ 4) X^* = A X^* + R A X^*, & X^* \geq 0 \end{array}$$

con:

A = matriz nxn de coeficientes interindustriales.

b = salario real, es un vector columna

L = vector fila de los coeficientes de trabajo

p = vector de precios de producción

X = vector de intensidades de expansión equilibrada

r = tasa de beneficio de la economía

R = tasa máxima de beneficio y expansión de la economía, es la razón patrón de Sraffa

p\* = precios de producción asociados con R

X\* = vector de intensidades asociado con R, es proporcional a la mercancía patrón de Sraffa



En este modelo los precios y los outputs se normalizan con:

$$5) p \cdot b = w$$

$$6) p \cdot X = 1$$

$$7) p \cdot X^* = 1$$

$$8) p^* \cdot X^* = 1$$

Las cuatro primeras condiciones modelizan las relaciones económicas mientras las cuatro segundas establecen las unidades de medida y patrones de escala.

La relación 1) define un valor de  $r$ , tasa de beneficio homogénea, y un vector de precios  $m \cdot (1, p_2, \dots, p_n)$ , con  $m$  escalar arbitrario. El vector de precios es de equilibrio para la economía modelizada y es el vector propio de  $A + bL$  para la raíz de Frobenius  $\lambda(A+bL)=1/(1+r)$ . En 2 se determina la tasa  $r$  de expansión balanceada y su vector de intensidades  $n \cdot (1, x_1, \dots, x_n)$ .

Las ecuaciones 3) y 4) nos darán la tasa de beneficio y expansión, así como los vectores de precios y de intensidades asociados con ella, de una hipotética situación en la que el trabajo no recibiera ninguna compensación o pago. Esta situación nos da la tasa máxima de beneficio, que es la cota superior alcanzable de las tasas reales de beneficio, y la tasa máxima de expansión,  $R$ , que mide la reproducibilidad de la economía modelizada. Esta tasa no es otra que la razón patrón de Sraffa y el vector  $X^*$  tiene las proporciones de su *mercancía patrón* y es vector propio de la raíz de Frobenius  $\lambda(A)=1/(1+R)$ .

4.3. Este modelo verifica la relación de Sraffa entre salarios y beneficios, que es la base que usamos para definir los diferentes parámetros o medidas del cambio tecnológico. La relación, que se obtiene manipulando las ecuaciones del modelo, puesta en la forma que más nos interesa operacionalmente es:  $R = r(1+s) + s$ , donde  $s = p b L X^* / p A X^*$ <sup>7</sup> representa el salario pagado por unidad de capital (no salarial) empleado.

Apoyándonos en ella es posible definir las siguientes medidas características de una situación técnica:

$$m_i = \text{intensidad de capital} = (1+s)/R = (1+R)/R(1+r)$$

$$m_m = \text{mecanización} = (1+s)/s = (1+R)/(R-r)$$

$$m_p = \text{productividad} = R/s = R(1+r)/(R-1)$$

$$m_e = \text{medida de la eficiencia} = r$$

$$m_R = \text{medida de la reproducibilidad} = R$$

7. Observemos que los vectores propios  $p$  y  $X^*$  dan los pesos  $p_i x_j^*$  de la agregación.

$m_w$  = medida del salario =  $s/(1+s) = (R-r)/(1+R)$

$m_c$  = medida del control =  $r(1+s)/s = (R(1+r)/(R-r))-1$

$m_r$  = med. eficiencia en renta =  $R/(1+s) = R(1+r)/(1+R)$

Las principales diferencias con otras medidas de la literatura se basan en sus definiciones a partir de características estructurales, esto es de  $r$ ,  $R$  y  $s$ . La ecuación de Sraffa, sobre la que se apoyan, se obtiene a partir de  $p$ ,  $X$ ,  $p^*$ ,  $X^*$ ,  $A$ ,  $b$  y  $L$ .

Puede parecer asombroso el gran número de medidas o parámetros obtenidos, pero una observación cuidadosa nos revela que existen solo dos parámetros independientes, por lo que todas ellas pueden reducirse a dos, que contienen en sí toda la información posible. Las parejas posibles son diversas, por ejemplo: (medida de la reproducibilidad, medida de la eficiencia), (medida de la reproducibilidad, mecanización), (medida del control, medida de la eficiencia), ..., pero también hay pares que no son aceptables porque no son independientes, por ejemplo: (mecanización, medida del salario), (intensidad de capital, medida de la eficiencia en renta).

Hemos resuelto así, con la utilización del modelo, uno de los problemas que teníamos, ya sabemos cuántos parámetros son necesarios para caracterizar totalmente el cambio tecnológico en el aspecto productivo, para ello dos son suficientes. Este resultado es una primera prueba de que este camino es correcto o al menos fructífero.

## 5. LOS PARÁMETROS DEL MODELO

5.1. Una vez demostrado de forma rigurosa que solo son necesarios dos parámetros para describir el cambio tecnológico en su aspecto productivo, únicamente nos resta seleccionar los dos más significativos. Para ello solo voy a pasar revista a los tres que son los candidatos más probables de acuerdo con lo visto en el apartado 2, a saber:  $R$ ,  $r$  y  $m_p$ , que nos dan la reproducibilidad de la economía y la medida del producto neto, la tasa de beneficio y la productividad del trabajo.

### 5.2. La tasa $R$ y el cambio tecnológico.

Las ecuaciones del modelo nos revelan dos importantes propiedades de la tasa  $R$ , según nos fijemos en la ecuación 3) o en la 4).  $R$  representa tanto una tasa de beneficio como una tasa de expansión.

Según 3)  $R$  es la tasa máxima de beneficio, que se alcanza cuando la

retribución al trabajo es nula. Realmente esta situación nunca ocurrirá, por lo que  $R$  es simplemente el supremo de las tasas de beneficio  $r$  posibles. Sin embargo su carácter tecnológico y su capacidad de cota para cualquier  $r$  posible, la convierten en un buen indicador del nivel técnico de la economía y también su incremento tendrán un gran significado, supone el aumento de las posibilidades potenciales de elevar la tasa de beneficio y ello solo puede interpretarse como progreso tecnológico.

La ecuación 4) confirma estos hechos, ya que  $R$  representa en ella la razón entre producto neto,  $X^* - A X^*$ , y capital físico utilizado,  $A X^*$ . Tampoco esta  $R$  es alcanzable para cualquier output  $X$  y para todos ellos es siempre una cota superior. Si lo será sin embargo para la mercancía patrón sraffiana, la  $X^*$ , que mantiene en el output las proporciones del input.

Al ser  $R$  la razón entre producto neto y capital físico utilizado, un aumento de  $R$  supone la posibilidad de obtener con dotaciones iniciales equivalentes mayor producto neto final y esto es indudablemente progreso tecnológico. Cuando decimos que una economía es más avanzada que otra, suponemos que o bien dá mayor output con los mismos recursos o que exige menos inputs para igual resultado, en ambos casos lo que hay detrás es el hecho de una mayor capacidad de reproducción, de una mayor  $R$ .

El parámetro  $R$  tiene además una propiedad esencial, que nace del hecho de no depender, en forma alguna, del pago al trabajo ni de cualquier otra condición distributiva. La razón patrón sraffiana es válida en cualquier sistema que tenga los mismos procesos técnicos. Por ello trasciende al sistema concreto (capitalista, socialista, esclavitud, ...) y es válida en todos ellos. En todos es definible y son comparables sus valores correspondientes. En pocas palabras,  $R$  es uno de los raros indicadores técnicos aplicable para largos períodos y para comparaciones entre épocas históricas distintas.

Por todas estas razones creo que se puede afirmar, bajo premisas rigurosas y nada subjetivas, que  $R$ , la razón patrón de Sraffa<sup>8</sup>, es el mejor indicador del nivel tecnológico de una economía y que sus variaciones son la medida más importante del cambio tecnológico.

No quiero acabar este apartado sin dejar constancia de una breve observación hecha ya en Barceló (1972) en este mismo sentido y que entonces pasó desapercibida. En la página 44 de dicho artículo puede leerse:

8. Recordemos que fué Ricardo el primero que se planteó el problema de encontrar una mercancía invariante del valor, que nos permitiera comparar la producción con los inputs utilizados. El cociente del valor de los outputs y de los inputs de esa mercancía, obtenida finalmente por Sraffa, no es otro que:  $1 + R$ .

“La expresión  $V$  relaciona de modo simple las tres categorías básicas del modo de producción capitalista: el tipo de beneficio, el salario y  $R$  (Tipo máximo de beneficio y razón patrón) que es a mi entender el *mejor índice del desarrollo de las fuerzas productivas de un sistema económico*.”(el subrayado es del autor)

lo que resume claramente las ideas anteriores.

### 5.3. La razón $m_p$ de la productividad del trabajo.

Existen datos suficientes (ver por ejemplo las tablas 30, 31 y 32 del libro de Clark (1967), que dan valores de los productos reales por hombre-hora), que permiten asegurar que el progreso técnico ha ido acompañado de un incremento gradual de la productividad del trabajo físico. La evidencia es tan clara que muchos identifican la mejora de esta productividad con el avance tecnológico.

Además el parámetro de la productividad del trabajo puede crecer indefinidamente, porque la cantidad de input de trabajo físico necesaria puede, con el avance tecnológico, hacerse cada vez más pequeña. Esta posibilidad de la productividad del trabajo de crecer indefinidamente la convierte en un buen candidato a mejor indicador del cambio tecnológico, ya que es esperable de ella una buena sensibilidad a los cambios y que siempre pueda crecer indicando la mejora. Si por el contrario fuera acotada la proximidad a la cota le haría perder capacidad indicadora, al tener cada vez menos variación porcentual.

También existen razones subjetivas para apoyar la medida de la productividad del trabajo físico como medida del progreso. Quizás sea la tradición marxiana quién mejor las ha recogido, al poner el trabajo en el centro de la valoración económica y considerar al hombre como el agente económico central.

No obstante el uso de productividad del trabajo físico como principal indicador del progreso técnico presenta, en mi opinión, dos serias deficiencias que deben señalarse: la imposibilidad de reducir los distintos tipos de trabajo a trabajo homogéneo y el carácter acotado que tiene cuando se valora el trabajo por su coste.

La primera es el núcleo de las dificultades encontradas para definir modernamente el valor trabajo y ha sido uno de los motivos de la crisis metodológica de la teoría marxista. Que el valor en trabajo es una buena aproximación a las valoraciones de las mercancías no puede ser negado, pero las dificultades para la reducción a trabajo homogéneo y para su definición en producción conjunta son innegables y ello dota a las valoraciones en trabajo de una gran debilidad teórica. Por ello, si suponemos la reducibilidad del trabajo y usamos la hora o unidad física de trabajo como unidad de valor para definir la productividad de

toda la economía, transmitimos a esta medida global del cambio tecnológico la misma debilidad teórica y ella no es aceptable más que como una primera aproximación.

Además al calcular la productividad del trabajo es frecuente no tener en cuenta el pago por el trabajo y no se considera si este es grande o pequeño. Pero los datos históricos muestran que el progreso tecnológico va acompañado de un incremento del salario real, al menos a largo plazo. Cambia su composición, se abaratan relativamente unos componentes del consumo y otros se encarecen, pero globalmente parece haber pocas dudas de que el salario real crece (véase los cuadros de la pág. 123 de Clark (1967) o sus tablas 68, 255 y 268). En consecuencia, si partimos de una  $b$  creciente —el incremento de  $b$  es el reflejo de una mejora del salario real—, lo que aparece como significado para el cambio tecnológico en su aspecto productivo no es el vector de coeficientes de trabajo físico  $L$  o el trabajo total  $LX^*$ , sino el de bienes necesarios para reproducir el trabajo, que es  $bL$  y  $bLX^*$  o bien sus valores  $pbL$  y  $pbLX^*$ <sup>9</sup>.

Esta es la postura que yo defiendo y por ella defino la productividad del trabajo,  $m_p$ , con el pago al trabajo  $pbLX^*$ . Pero en este caso (véase Sánchez (1989)), puede probarse que la productividad está acotada por  $R/(R-r)$ , lo que revela que su potencialidad como medida, basada en su variación hasta  $+\infty$ , es bastante ficticia, ya que variaciones iguales de la productividad del trabajo pueden significar cosas diferentes según esté cerca o lejos de la cota.

Observemos también que esta acotación está asociada a las condiciones técnicas del sistema y en concreto a  $R$ , medida de la reproducibilidad del sistema. Cuanto mayor sea este indicador, para la misma tasa de beneficio, más elevada puede ser la productividad del trabajo. La tasa  $R$  define por tanto el tope máximo de mejora de esta productividad, y esto es una razón más para considerar a  $R$  como el principal indicador del nivel de progreso técnico.

#### 5.4. La tasa $r$ de beneficio.

En las economías capitalistas los cambios técnicos admisibles o viables son los que elevan  $r$ , lo que confiere a este indicador un papel importantísimo a *corto plazo* para la toma de decisiones innovadoras. El teorema de Okishio: *todo cambio que reduce los costes eleva la tasa de beneficio*, establece la regla de conducta de todo innovador, que no es otra que reducir los costes.

9. Algunos dirán que al usar  $L$  o  $LX^*$  en lugar de  $bL$  o de  $BLX^*$  se está teniendo en cuenta la mejora del nivel de vida. Como ya he señalado, es conveniente separar el aspecto productivo y el nivel de vida y por ello, al medir el cambio tecnológico en su aspecto productivo, es preferible considerar el pago del trabajo.

Pero por desgracia, este importante papel *a corto* no se mantiene en el largo plazo por los mecanismos de redistribución. Las mejoras obtenidas por las innovaciones son reclamadas por todos los agentes sociales, en especial por los trabajadores. El resultado inmediato de estas reivindicaciones es muy diverso, pero a largo el progreso técnico ha supuesto mejoras para toda la sociedad y según los datos empíricos (Hill (1979), Dougherty (1974), ...), los valores de  $r$  han tenido una gran estabilidad en los dos últimos siglos, aunque hayan seguido trayectorias cíclicas. En consecuencia no parece que pueda utilizarse  $r$  como una buena medida del progreso técnico, ya que no está garantizado su incremento sucesivo a medida que avanza el progreso.

Existe también otra razón que impide considerar a  $r$  como el mejor indicador del nivel de progreso técnico, su valor acotado. Como ya hemos dicho la razón  $R$  acota superiormente a la tasa  $r$ , más aún  $R$  es la tasa máxima de beneficio alcanzable cuando los salarios son cero. De ahí que lo dicho para la productividad del trabajo puede repetirse aquí, variaciones iguales de  $r$  tienen distinto significado según que su valor sea más o menos próximo a  $R$ . Cuanto menor sea la diferencia  $R-r$ , más difícil será, salvo variación de  $R$ , incrementar la tasa de beneficio. De nuevo son las condiciones técnicas, asociadas y globalizadas en nuestro modelo con la tasa de reproducibilidad  $R$ , las que determinan las mejoras posibles de  $r$ .

5.5. En resumen podemos decir, con la fuerza que nos da el rigor de nuestro modelo, que las variaciones del producto neto aparecen como las medidas más significativas del cambio tecnológico en su aspecto productivo. Y como medida complementaria, ya que hemos demostrado que con dos son suficientes, puede ser usada ya la productividad del trabajo ya la tasa de beneficio, que se revelan teóricamente como bastante equivalentes. La elección entre una u otra es más una cuestión personal que un tema de eficiencia científica.

## 6. ULTIMAS REFLEXIONES

Los puntos anteriores nos han demostrado que es posible lograr medidas precisas del cambio tecnológico, sin tener que depender de las situaciones concretas del momento de la medición, en otras palabras, que es posible conseguir medidas estructurales independientes de los precios y outputs corrientes, como era nuestro objetivo.

El método utilizado, la ponderación de los cambios de los coeficientes técnicos con los precios de equilibrio y con las proporciones de la mercancía



patrón puede parecer extraño, pero ha sido clave para obtener ciertos resultados, en especial:

- la precisión de las medidas
- su carácter estructural e independiente de precios y outputs corrientes
- la sola necesidad de dos parámetros para representar totalmente los cambios tecnológicos en el aspecto productivo
- la revelación del importante papel de  $R$ , que es la tasa máxima de beneficio y la tasa máxima de crecimiento equilibrado.

lo que lo convierte en totalmente necesario. Sus ventajas compensan claramente las dificultades de tipo matemático que lleva consigo.

El descubrimiento del importante papel de  $R$  y de su significado es, sin duda, una llamada de atención a favor del tema de la reproducibilidad de la economía. Es cierto que actualmente muchos economistas están preocupados por esta cuestión, por ejemplo el trabajo de Barceló y Sánchez (1988) se mueve en esa dirección, pero muchas otras cosas quedan por hacer. Es indudable además que las cuestiones de la reproducibilidad conectan directamente con toda la problemática ecológica y difícilmente se podrán relacionar economía y ecología, si el sistema de la reproducibilidad no vuelve a ocupar un papel central en las reflexiones de la teoría económica.

Esta importancia teórica y práctica de  $R$  nos obliga además a obtener sus valores, ya que solo podremos lograr conclusiones prácticas si disponemos de ellos. Por desgracia, hasta ahora estos son desconocidos y no ha habido ningún interés en calcularlos o en obtener parámetros equivalentes. Ni se han hallado medidas de la reproducibilidad ni estimaciones de las tasas máximas de beneficio alcanzables y quizás, sean los valores a precios de mercado de cociente: producto neto/capital lo más cercano que se ha obtenido de los valores de  $R$ . y como estos son poco aceptables para medir  $R$ , es una tarea pendiente, en mi opinión, el cálculo de  $R$ . Y este no solo debe hacerse para este momento, sino también para épocas pasadas, así podremos comparar entre sí los distintos momentos históricos.

Y para finalizar recordemos de nuevo que la reproducibilidad y demás parámetros hallados, a pesar de su gran significado y del rigor formal empleado, solo nos miden uno de los aspectos del cambio tecnológico, el aspecto productivo. Las otras dos facetas de este, los recursos no renovables y el nivel de vida obtenido por la sociedad, reclamaran a partir de ahora nuestra atención si queremos comprenderlo bien. Nuestro modelo al enfocar sobre la reproducibilidad y al valorar con salarios físicos dados, deja claro que esos aspectos son complementarios y que no puede cubrirlos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- BARCELÓ, A. (1972): "El desplante teórico de Piero Sraffa". *Anales de economía*, nº 15, 3ª época, julio-sept. de 1972, pág. 29-52.
- BARCELÓ, A. y SÁNCHEZ, J. (1988): *Teoría económica de los bienes autorreproducibles*. Oikos-tau, Barcelona.
- BERNDT, E.R. y FUSS, M.A. (1986): "Productivity measurement with adjustments for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium". *Journal of Econometrics*, 33, 7-29.
- CLARK, Colin (1967): *The conditions of Economic Progress*. 3th edition, Macmillan and Company, London, 1957 (Versión castellana: *Las condiciones del progreso económico*, 1967. Alianza Editorial).
- DOUGHERTY, C.R.S. (1984): "On the secular Macroeconomic Consequences of Technical Progress". *The Economic Journal*, Sept. 543-565.
- FONTELA, E. (1988): "Industrial structures and economic growth: an input-output perspective", IV Jornadas de Economía Industrial, Sept. del 88, Madrid.
- HARROD, R. (1948): *Towards to dynamic Economics*. Macmillan, London.
- HICKS, J.R. (1932): *The Theory of wages*. Macmillan, London.
- HILL, T.P. (1979): *Profits and rates of return*, Paris, OCDE.
- KENDRICK, J.M. (1961): *Productivity Trends in the United States*, Princeton University Press.
- KUZNETS, S. (1966): *Modern Economic Growth*. Yale University Press (Versión castellana: *Crecimiento económico moderno*, 1973, Aguilar).
- LEONTIEF, W. (1953): *Studies in the Structure of the American Economy*. Oxford University Press.
- PETERSON, W. (1979): "Total Factor Productivity in the UK: a Disaggregated Analysis", in Patterson and Schott (eds.), *The Measurement of Capital*, Macmillan.
- ROSEMBERG, N. (1976): *Perspectives on Technology*. Cambridge University Press (versión castellana: *Tecnología y economía*, ed. Gustavo Gilli, Barcelona, 1979).
- SÁNCHEZ, J. (1987a): "Medidas del cambio técnico: un modelo teórico". *Cuadernos de Economía*, vol. 15, nº 43, 1987, págs. 289-316..
- SÁNCHEZ, J. (1987b): "Modelo general con restricciones". *Actas del Encuentro sobre la matemática aplicada a la empresa*, págs. 189-226, nov. de 1987. E.U. de Estudios Empresariales. Univ. de Zaragoza.
- SÁNCHEZ, J. (1989): "La razón patrón de Sraffa y el cambio técnico". *Investigaciones Económicas*, vol. XIII, nº 1, 1989, págs. 137-154.
- SCHEFOLD, B. (1976): "Different forms of technical changes". *The Economic Journal*, 86, p. 806-819.
- SOLOW, R.M. (1957): "Technical change and the aggregate production function". *Review of Economics and Statistics* 39, 312-320.
- SOLOW, R.M. (1963): *Capital Theory and the Rate of Return*. North Holland. Amsterdam.
- SRAFFA, P. (1960): *Production of Commodities by Means of Commodities*. Cambridge University Press.
- STEEDMAN, I. (1985): "On the impossibility of Hicks-neutral technical change". *The Economic Journal*, 95, pp. 746-758.
- VEGARA, J.M. (1989): *Ensayos sobre innovación tecnológica*. Alianza.